ÜBER DIE ANWENDUNG DER WECHSELLICHTMETHODE IN DER KERNPHYSIK

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der
Naturwissenschaftlichen Fakultät der Johann-
Wolfgang-Goethe-Universität
Frankfurt/Main

Rolf Duhme
Frankfurt am Main

1954

D 30

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Zusammenfassung.

In der Optik hat sich bei verschiedenen Problemen die Wechsellichtmethode ausgezeichnet bewährt. In der vorliegenden Arbeit wurde aufgrund eines Vorschlages von H. DÄNZER die Möglichkeit einer nutzbringenden Übertragbarkeit der Wechsellichtmethode in die Kernphysik untersucht. Eine der vielen möglichen Anwendungen ist eine Intensitätsmessung schwacher korpuskularer Strahlen natürlichen oder künstlichen Ursprungs. Ist die Strahlung natürlichen Ursprungs, so kann durch Einführung von rotierenden Blenden aus spezifischen der Strahlung angepassten Materialien in den Strahlengang die Intensität moduliert werden. Bei Strahlen künstlichen Ursprungs kann die Modulation auch direkt an der Strahlenquelle erfolgen. Die Messung des modulierten Anteils der Strahlung geschieht in beiden Fällen aufgrund einer Wechselstrom-Meßmethode, die es erlaubt, den elektronischen Teil der Anordnung einfach und wenig störanfällig zu bauen. Die Nachweisempfindlichkeit für bestimmte kernphysikalische Strahlen - z.B. schnelle Neutronen - wird durch die Verringerung sowohl des elektronischen Störpegels als auch des durch die evtl. vorhandenen Störstrahlen hervorgerufenen Störpegels erheblich verbessert.

Durch die erwähnte Modulation der Kernstrahlung wird in einem Nachweisgerät - z.B. eine Jonisationskammer - ein sehr schwacher Wechselstrom erzeugt, der einem verlustarmen, auf die Modulationfrequenz abgestimmten Parallelschwingkreis aus Induktivität, Kapazität und Verlustwiderstand zugeführt wird. Bei Resonanzabgleich repräsentiert der Schwingkreis wechselstrommäßig einen sehr hohen Eingangswiderstand. An diesem Widerstand fällt eine genügend große Wechselspannung ab, die elektronisch ohne große Schwierigkeiten weiter verstärkt werden kann. Dieses Verfahren hat gegenüber der üblichen Verwendung eines Ohm'schen Eingangswiderstandes den Vorteil, daß das Gitter der Eingangsröhre durch den geringen Gleichstromwiderstand der Spule praktisch geerdet ist. Als Eingangsröhre kann anstelle einer störanfälligen Elektrometerröhre eine gewöhnliche Pentode verwendet werden. Der nachfolgende Verstärker kann breitbandig sein, da die Selektivität der Anordnung durch die Güte des Eingangsschwingkreises bestimmt wird.

Als Anzeigemeßgerät kann ein gewöhnliches Vielfachmeßgerät (z.B. Multavi) benutzt werden.

Im vorliegenden Fall wurde aus technischen Gründen für den Schwingkreis im Eingang des Verstärkers eine Resonanzfrequenz von 75 Hz gewählt. Der Resonanzwiderstand liegt bei Verwendung von Mumetall bei $10^8 \Omega$, das bedeutet bei einer Induktivität von 3220 Hy und einem Verlustwiderstand von 22,2 kΩ eine Bandbreite von 1,1 Hz. Als Nachweisgrenze erwies sich experimentell für die Resonanzfrequenz ein Wechselstrom von 5×10^{-14} A, bzw. eine Wechselstromleistung von $2,5 \times 10^{-19}$ W. Theoretische Überlegungen lieferten für die oben angegebenen Zahlenwerte der Schaltelemente des Parallelschwingkreises einen Wechselstrom von 2×10^{-14} A als Nachweisgrenze. In einer Diskussion über Verbesserungsmöglichkeiten ergibt sich als z.Zt. experimentell erreichbare Nachweisgrenze ein Wechselstrom von 1×10^{-15} A.

Es wurden Experimente durchgeführt, mit denen der praktische Einsatz der Wechsellichtmethode in der Kernphysik demonstriert werden soll. Die Untersuchungen wurden an schnellen Neutronen durchgeführt, da das Arbeiten mit dieser Art von Strahlung oft durch die gleichzeitig vorhandene γ-Strahlung der Neutronenquelle erheblich erschwert wird. Bei der Wechsellichtmethode fällt bei einer spezifischen Modulation des Neutronenstrahles der Störuntergrund durch γ-Strahlen weg. Als Vorversuch wurden zur Klärung experimenteller und technischer Schwierigkeiten zuerst Wechsellichtmessungen mit einer rotierenden Bleiblende an γ-Strahlen durchgeführt.

Der Neutronen-Modulator besteht im wesentlichen aus einem rotierenden Zylinder mit je 3 sich abwechselnden Absorptions- bezw. strahlungsdurchlässigen Luft-Segmenten. Die Absorption erfolgt in Segmenten aus Paraffin, wobei zur Verhinderung der Rekombination abgebremster langsamer Neutronen mit Protonen des Paraffins, letzteres im Verhältnis 3:1, mit Borsäureglykolester vermischt wurde. Als Nachweisgerät wird eine Jonisationskammer ohne Gasverstärkung benutzt, deren Trägheit - durch die Sammelzeit der Kammer bedingt - die Größe der Modulationsfrequenz bestimmt. Die maximale Sammelzeit der Jonisationskammer zeigt nur dann keinen Einfluss auf den Modulationsgrad, wenn sie größer als die jeweilige Bestrahlungsdauer ist. Die Meßmethode verlangt in der ausgeführten Form eine Neutronenquelle, die pro Sekunde 3×10^7 Neutronen in den Gesamtraum emittiert. Bei schwächeren Quellen besteht die Ge-

fahr, daß durch die Statistik der Bestrahlung Schwankungen in der Stromstärke auftreten.

Die Neutronenmessungen wurden an der Hochspannungsanlage des Max-Planck-Instituts für Kernchemie in Mainz ausgeführt. Die Strahlung der Neutronenquelle durchsetzte zuerst die nur zeitweilig vorhandenen auswechselbaren Zusatzschichten aus Paraffin bzw. Blei unterhalb der Quelle, trat dann in den Rotor ein und rief nach Modulation in den Segmenten in der darunter befindlichen Jonisationskammer den Wechselstrom hervor. In den Versuchen wurdeeinwandfrei nachgewiesen, daß die Neutronenstrahlung durch den Modulator tatsächlich moduliert wird und die gleichzeitig existierende γ -Strahlung unmoduliert in die Jonisationskammer eintritt und einen vernachlässigbaren Gleichstrom erzeugt. Die Neutronenintensität wurde sowohl in Abhängigkeit von dem Deuteronen-Jonenstrom mit der Beschleunigungsspannung als Parameter, als auch in Abhängigkeit von der Deuteronen-Energie bei fester Jonenstromstärke gemessen. Beide Ergebnisse stimmen mit den bekannten Ausbeutekurven für den Beschuß von Beryllium mit Deuteronen überein. In einem abschließenden Versuch wurde festgestellt, daß 5 cm Paraffin die Intensität der schnellen Neutronen der Mainzer Quelle um 42 % schwächt.

Mit diesen Versuchen wurde bewiesen, daß mit dem beschriebenen Neutronenmodulator die Intensität schneller Neutronen auch bei gleichzeitiger Existenz von γ -Strahlen reproduzierbar gemessen werden kann.

Literatur: M. Czerny, W. Kofink und W. Lippert Ann. Phys.8(1950)65
H. Dänzer, Ann.Phys.8(1951) 176 - 186

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547420_0071

Lebenslauf.

Am 9.6.1927 wurde ich, Rolf Duhme, als Sohn des Diplom-Kaufmanns Dr. Wilhelm Duhme und seiner Ehefrau Elly, geb. Köddermann, in Wiesbaden geboren. Mein Vater starb am 13.7.1927 an den Folgen eines Verkehrsunfalles. Nach der Wiederverheiratung meiner Mutter mit dem Chemiker Dr. Christoph Kohl im August 1931 verzogen wir an die Wirkungsstätte meines Stiefvaters nach Frankfurt am Main-Fechenheim. Von meinem 6. bis 10. Lebensjahr besuchte ich dort die Freiligrath-Volksschule, um anschliessend 1937 in die Musterschule, einer Oberschule für Jungen in Frankfurt am Main, überzuwechseln. Dort erhielt ich nach einer zeitweiligen Unterbrechung durch Arbeitsdienst, Militärzeit und Gefangenschaft vom August 1944 bis Dezember 1945 in einem Sonderlehrgang für Kriegsteilnehmer am 19. Juni 1946 das Zeugnis der Reife ausgestellt. Vom 15. Februar 1943 bis 9. August 1944 erfüllte ich im Rahmen der Schule meine Dienstverpflichtung als Luftwaffenhelfer.

Im Anschluss an das Abitur immatrikulierte ich mich an der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main mit dem Hauptfach Physik und den Nebenfächern Mathematik und Chemie.

Am 30. Oktober 1948 legte ich die Prüfung zum Vordiplom für Physik mit "Gut" ab. Im Jahre 1950 fertigte ich meine Diplomarbeit im Metall-Labor der Firma Degussa in Hanau unter der Leitung von Prof.Dr.M. Czerny an. Am 2. Mai 1951 bestand ich die Prüfung zum Hauptdiplom in Physik mit der Note "Sehr gut".

1. Referent: Prof.Dr. H.Dänzer

2. Referent: Prof.Dr. M.Czerny

Tage der mündlichen Prüfung: 11. und 14. Dezember 1954

54 / 233 x